

BACCALAUREAT GENERAL

Session 2006

Série S Sciences de l'ingénieur

ETUDE D'UN SYSTEME PLURITECHNIQUE

Coefficient : 4

Durée de l'épreuve : 4 heures

*Sont autorisés les calculatrices électroniques et
le matériel nécessaire à la représentation graphique.
Aucun document n'est autorisé.*

Les réponses sont à donner sur les documents réponses et sur feuille de copie.
Il est conseillé de traiter les différentes parties dans l'ordre.

CONDITIONNEUSE EN MILIEU ALIMENTAIRE



Composition du sujet et sommaire :

Un dossier « TEXTE DU SUJET » de 10 pages numérotées 1 à 10 comportant :

Une présentation du système à étudier :	pages 1 à 3
Une première partie ou étude fonctionnelle :	page 4
Une deuxième partie ou étude de l'existant :	pages 4 à 6
Une troisième partie ou amélioration du système existant :	page 6 à 10

Un dossier « DOSSIER TECHNIQUE » documents **DT1** à **DT5** 7 pages

Un dossier « DOSSIER REPONSE » documents **DR1** à **DR6**. 5 pages

CONSEILS AU CANDIDAT :

Vérifier que vous disposez bien de tous les documents définis ci-dessus.

La phase d'appropriation du système passe par la lecture attentive de l'ensemble du sujet. Il est conseillé de consacrer environ 20 minutes à cette phase de découverte.

1 PRESENTATION

1.1 Introduction

La sécurité sanitaire des aliments est depuis longtemps une question fondamentale pour notre société. Ces dernières années, les affaires de la « vache folle », de la grippe aviaire ou des steaks hachés contaminés ont alimenté la chronique et les inquiétudes des consommateurs. Le conditionnement en barquette disponible en de nombreux formats est un support qui répond parfaitement aux exigences des producteurs et des distributeurs en terme de conservation et de sécurité alimentaire.

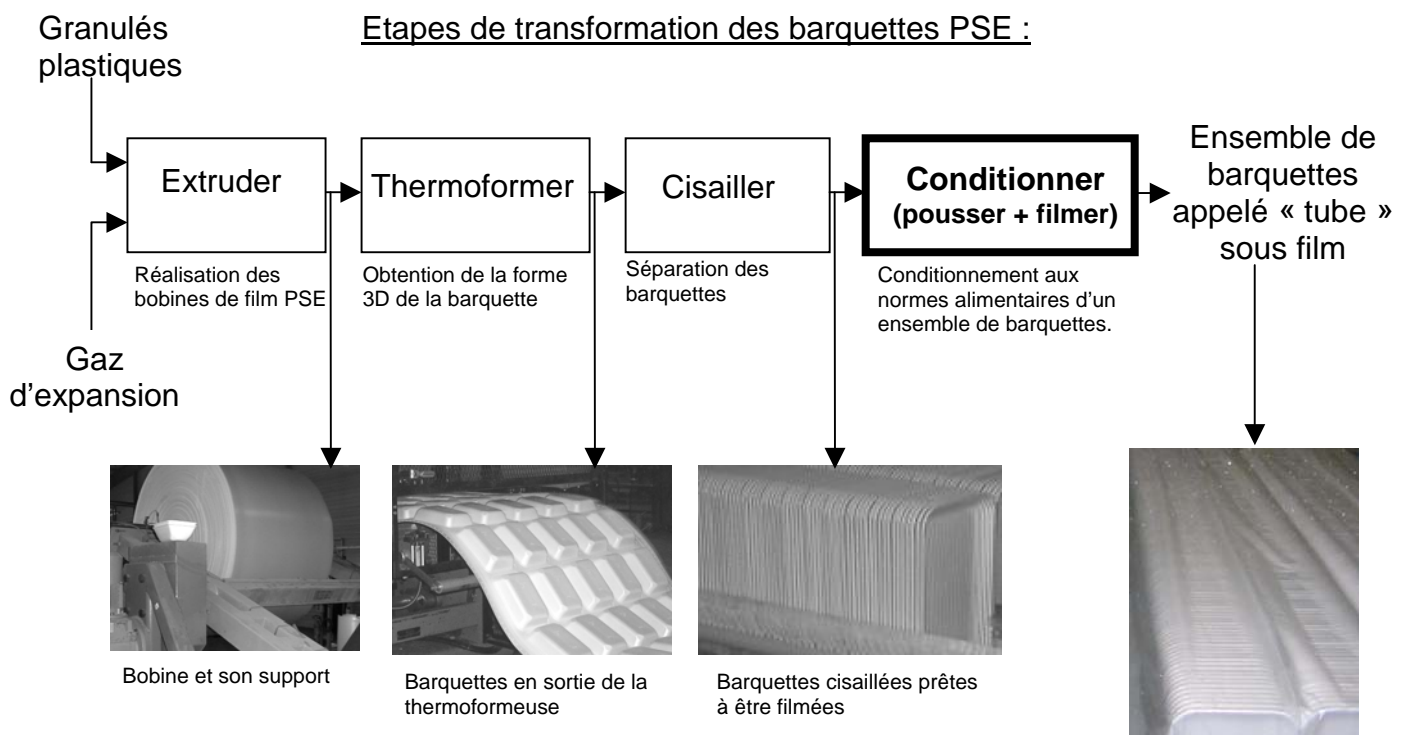
Au cœur de la chaîne alimentaire, la société Vitembal située à Remoulins dans le Gard (30) participe à ce défi en fabriquant des emballages plastiques pour les produits carnés, pâtisseries et traiteurs des grandes surfaces. Une cellule d'innovation intégrée au sein de l'entreprise recherche chaque jour de nouveaux produits toujours plus performants.



Barquettes PSE (polystyrène expansé) pour l'emballage de la viande et des volailles.



Boîtes Cristal pour les traiteurs.



L'étude portera sur le conditionnement sous film plastique de qualité alimentaire de l'ensemble de barquettes appelé « tube ».

1.2 Expression du besoin

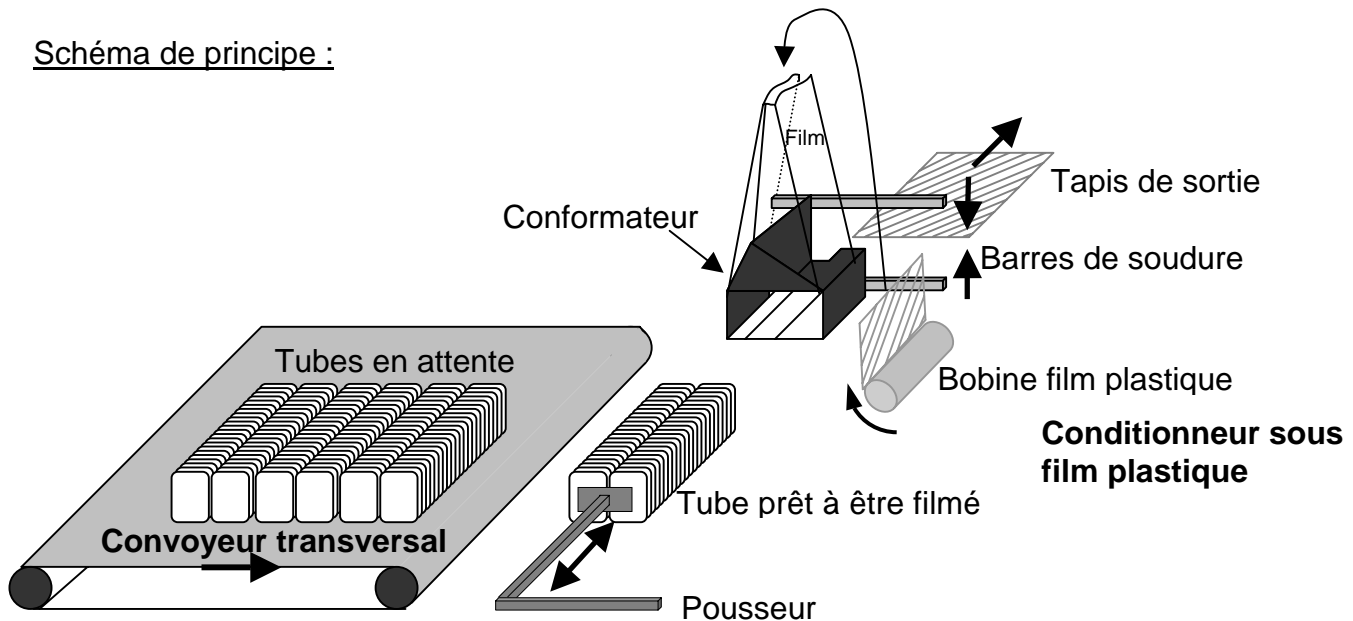
Le besoin consiste à conditionner sous film plastique des barquettes destinées au contact alimentaire conformément aux prescriptions imposées par la sécurité sanitaire. Le conditionnement sous enveloppe protectrice est réalisé après les opérations de thermoformage et de cisailage.

Cette opération est réalisée à l'aide d'une unité automatisée de conditionnement sous film plastique qui doit répondre aux contraintes suivantes :

CONTRAINTES	SOLUTIONS
<u>Contrainte C1</u> : L'accès sans danger des opérateurs intervenant autour de la machine automatisée.	<i>Les opérateurs sont protégés des sources de risques de la machine par des portes vitrées ou des barrières immatérielles. Ces dispositifs permettent d'interdire ou de contrôler l'accès aux zones dangereuses.</i>
<u>Contrainte C2</u> : La protection des biens et des personnes en cas de dysfonctionnement.	<i>La machine répond à la norme européenne EN 292 « Sécurité des machines » qui permet entre autre :</i> <ul style="list-style-type: none"><i>• l'arrêt du système automatisé en cas d'intrusion dans une zone dangereuse ou en cas d'ouverture d'une porte vitrée, en moins de 0,5 s ;</i><i>• surveillance des composants participant à l'automatisation du système (contrôle des caractéristiques électriques, contrôle des déplacements des pièces en mouvements).</i>
<u>Contrainte C3</u> : La fabrication du produit en respectant les normes alimentaires en vigueur.	<i>Des procédures d'hygiène de fabrication sont mises en place selon les prescriptions du guide de la chambre syndicale des emballages matières plastiques afin d'éviter que la barquette ne provoque toute contamination ou développement de bactéries.</i>
<u>Contrainte C4</u> : La mise en oeuvre d'une démarche qualité au sein de l'entreprise.	<i>Une démarche qualité est mise en place au sein de l'entreprise pour répondre aux exigences des clients et aux exigences réglementaires applicables. Cette démarche passe par la mise en oeuvre d'un processus d'amélioration continue dans les moyens de fabrication (norme ISO9001).</i>

1.3 Présentation de la conditionneuse sous film plastique en milieu alimentaire

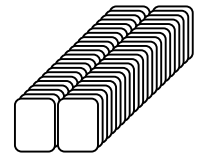
Schéma de principe :



Après l'opération de cisailage, les barquettes sont véhiculées vers la table d'alimentation (non représentée) où l'opérateur évacue les produits défectueux.

Il alimente ensuite manuellement le convoyeur transversal en constituant des « tubes ». Lorsque le convoyeur transversal est plein, celui-ci véhicule les « tubes » un à un vers la zone de conditionnement constitué du poussoir, du conformateur, de la bobine film plastique, des barres de soudure et du tapis de sortie. Le poussoir est alors chargé d'entraîner les tubes vers le conformateur où est assurée la mise sous film plastique.

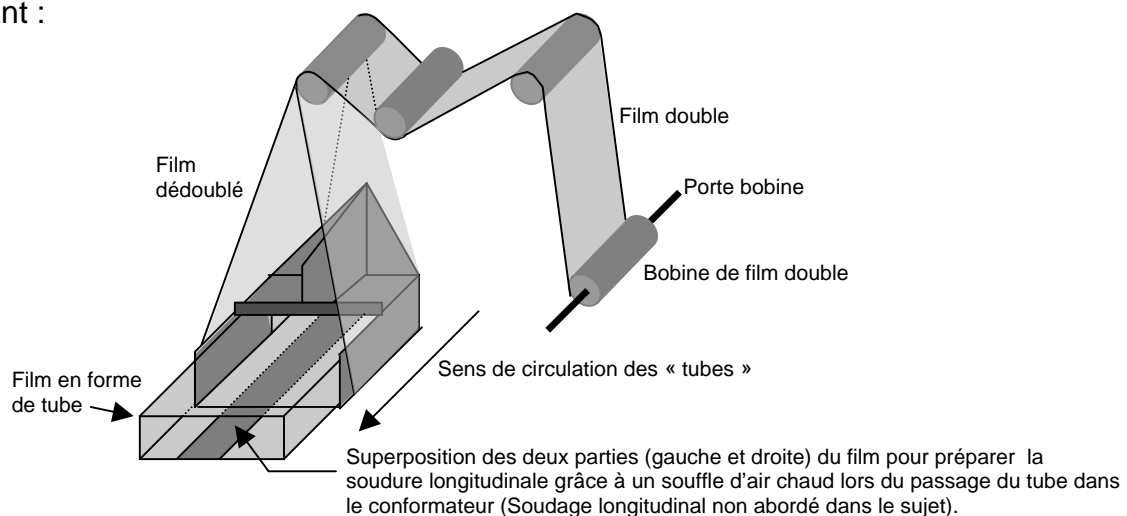
Une fois le conditionnement effectué, une étiquette code-barre est déposée sur le « tube » qui est ensuite évacué à l'aide du tapis de sortie (étiqueteuse non représentée sur le schéma). Les actionneurs du convoyeur, du poussoir et du tapis de sortie sont trois moteurs asynchrones alimentés par trois variateurs (ALTIVAR ATV31).



« tube » = ensemble de barquette thermoformées

Principe du conditionnement sous film plastique :

Le déroulement du film plastique durant le conditionnement se réalise selon le principe suivant :



L'étude qui suit traitera essentiellement la fonction « POUSSER ».

2 ANALYSE FONCTIONNELLE

L'objectif de cette étude consiste à s'approprier l'organisation fonctionnelle du pousseur et des solutions constructives retenues par le fabricant.

→ Question 2.A : A partir de la présentation du système de conditionnement et des documents techniques (DT1A et DT1B), compléter sur le document réponse DR1 les fonctions techniques et les solutions constructives retenues. Repérer sur le schéma cinématique, document réponse DR2, les différents composants.

- Question 2.B : A partir des différentes vues du chariot du pousseur DT1A :
- compléter le schéma cinématique sur DR2 ;
 - expliquer, sur feuille de copie, comment est réalisée la liaison chariot / châssis.

3 ETUDE DE L'EXISTANT

L'objectif de cette étude est d'analyser la précision du contrôle du déplacement et le respect de la sécurité en cas de dysfonctionnement (contraintes C1 et C2).

Suivant la longueur du tube à conditionner la zone de passage Grande vitesse → Petite vitesse peut varier. Afin de faciliter l'adaptation à la longueur du produit, le contrôle de position est assuré par calcul incrémental et non pas par un capteur fixé sur le rail.

3.1 Validation de la précision

Pour assurer la mise en place et le déroulement correct de la bobine du film plastique autour du « tube », le pousseur doit se déplacer dans le conformateur à vitesse réduite.

Le cahier des charges impose une précision sur la zone de changement de vitesse de 5,2 mm. Pour contrôler ce déplacement un capteur de type inductif est associé à une couronne cible composée de 20 dents métalliques (voir DT1A) :

→ Question 3.A :

- justifier le choix du type de capteur effectué par le constructeur ;
- citer au moins deux critères à prendre en compte pour effectuer le choix du capteur parmi les capteurs inductifs existants.

Le signal fournit par le capteur associé à la couronne cible est le suivant :

Déplacement pousseur



Sachant que l'automate compte les fronts montants et descendants du signal ci-dessus et à partir des caractéristiques de la couronne cible et du diamètre primitif de la poulie crantée disponibles DT1A :

→ Question 3.B : Déterminer la précision maximale de positionnement que l'on peut obtenir. (On supposera que la courroie possède un allongement négligeable). La comparer avec la valeur fournie dans le cahier des charges et conclure.

3.2 Validation de la mise en sécurité

Afin de respecter la contrainte C2 relative au temps d'arrêt du système, une étude dynamique a permis de définir une vitesse maximale de 2,5 m/s pour le poussoir.

La distribution d'énergie au moteur asynchrone est réalisée par un variateur Altivar qui impose la fréquence d'alimentation électrique (f_s) du moteur asynchrone. Par programmation, la fréquence maximale en sortie du variateur a été limitée à 60 Hz.

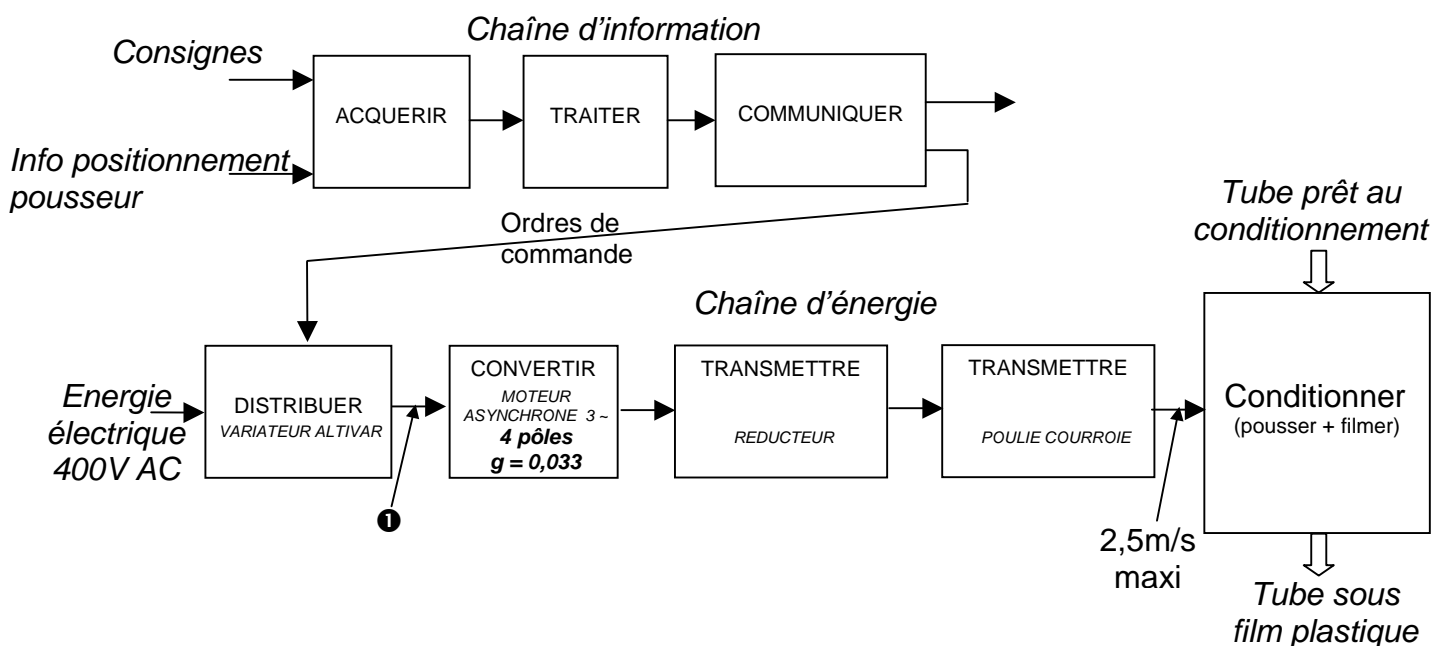
Il faut donc vérifier que la fréquence maximale en sortie du variateur correspond à une vitesse du poussoir inférieure à la vitesse maximale autorisée.

Rappel : les principales relations liées à la vitesse de rotation d'un moteur asynchrone sont :

- $f_s = p \times n_s$ avec f_s : fréquence de synchronisme en Hz et n_s vitesse de rotation de synchronisme en tr/s et p le nombre de **paire de pôles**.
- et
- $n = n_s \times (1 - g)$ avec n = vitesse de rotation du rotor en tr/s et g le glissement.

➔ Question 3.C : Afin de déterminer la fréquence au point ❶ correspondant au déplacement du poussoir à la vitesse maximale autorisée, calculer à l'aide du document DT1A et de l'approche fonctionnelle ci-dessous : **(A rédiger sur feuille de copie)**

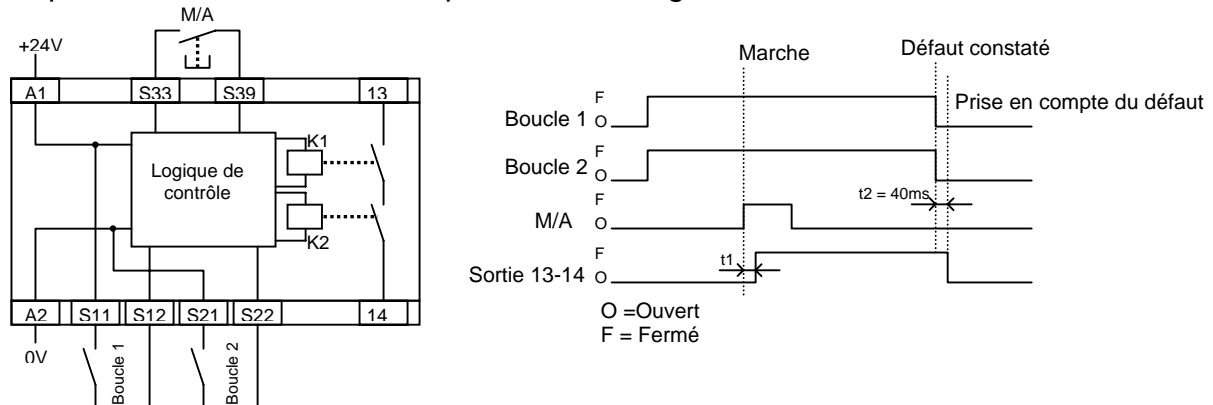
- la fréquence de rotation en sortie du réducteur ;
- la fréquence maximale de rotation en sortie du moteur ;
- la fréquence f_s en sortie du variateur Altivar.



➔ Question 3.D : Que peut-on dire de la vitesse maximale du poussoir si la fréquence maximale de pilotage programmée sur le variateur est de 60 Hz au point ❶ ?

La surveillance des arrêts d'urgence et de la fermeture des portes vitrées est assurée par un module de sécurité XPS-AF5130 associé à des boutons d'arrêt d'urgence et des interrupteurs de position NF (Normalement Fermé) (voir DT2).

Le principe du module de sécurité répond au chronogramme de surveillance suivant :



→ Question 3.E : Après lecture du schéma DT2, indiquer sur votre copie les deux sources principales d'énergie présentes sur le système.

→ Question 3.F : Afin de vérifier la mise sécurité des personnes en cas d'ouverture d'une porte vitrée entourant le système automatisé :

- compléter à l'aide du DT2, le chronogramme DR3 (On négligera les temps t_1 et t_2 et on supposera Q1 à Q8 fermés) ;
- indiquer sur ce chronogramme les intervalles de temps durant lesquels le système est mis hors énergie ;
- indiquer sur votre copie comment est réalisée cette mise hors énergie.

→ Question 3.G : Conclure sur la protection.

4 AMELIORATION DU SYSTEME DE PRODUCTION

L'objectif de cette étude consiste à mettre en œuvre une adaptation du système permettant de conditionner la nouvelle gamme de produit de l'entreprise.

Nouvelles contraintes liées à cette amélioration :

- conditionnement d'un produit de dimensions et de densité supérieures ;
- augmentation de la productivité et contrôle de la production par intégration du système dans une chaîne communiquant par réseau de terrain et réseau Ethernet (contrainte C4).

4.1 Validité de la chaîne d'énergie du pousseur

Il est nécessaire de vérifier si l'actuelle chaîne d'énergie est capable de soutenir la nouvelle cadence de production et les efforts qui en résultent.

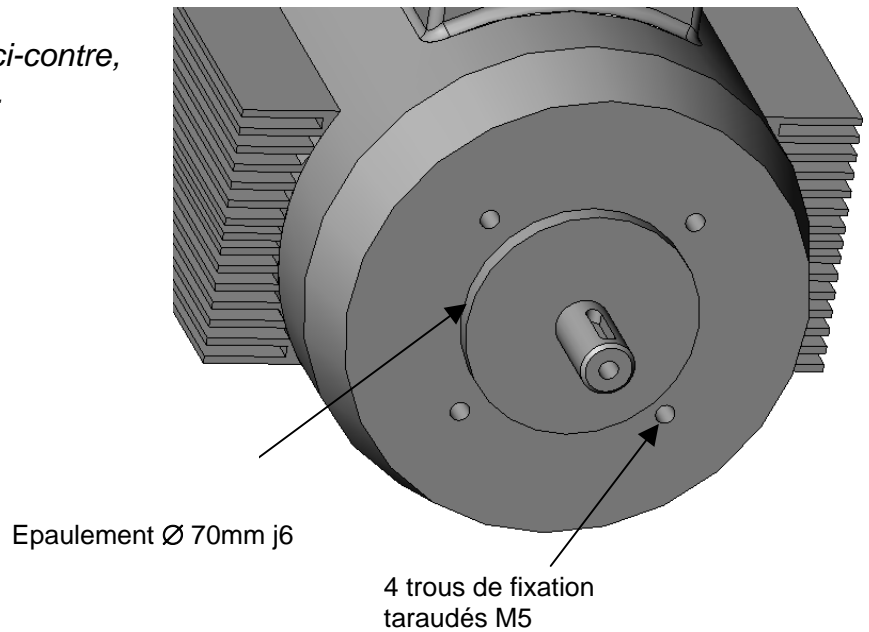
Pour conditionner le nouveau produit, une étude préliminaire a permis de déterminer un effort de tension dans la courroie de 150N.

→ Question 4.A : A partir du document DT3 :

- compléter le document réponse DR4 en commençant les calculs par l'effecteur pousseur. Rédiger sur votre feuille de copie les démonstrations de tous ces calculs ;
- vérifier si l'actionneur peut fournir l'énergie nécessaire pour tenir cette cadence.

Afin de mettre en place un nouveau moteur, il est nécessaire de préciser au fournisseur le type de fixation, ainsi que les dimensions caractéristiques.

➔ *Question 4.B : A l'aide de la vue ci-contre, étudier le montage du moteur actuel.*



Indiquer sur votre copie :

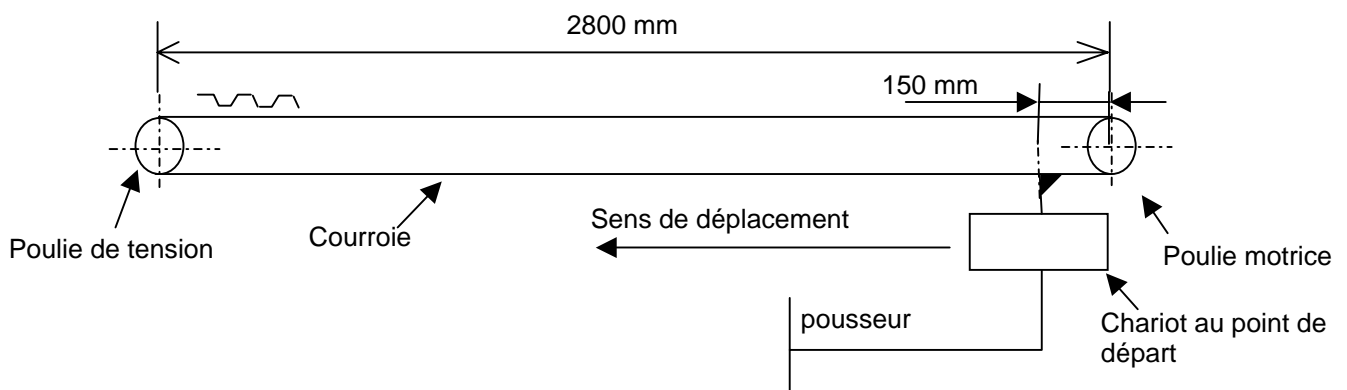
- *comment est réalisée la liaison encastrement entre le moteur et le support moteur (Mise en position, maintien) ?*
- *sur le document réponse DR5, à l'échelle 1, représenter la fixation du moteur sur son support. Faire apparaître les zones de contact ainsi que les éléments d'assemblages nécessaires. L'ensemble pourra éventuellement être représenté à main levée.*

➔ *Question 4.C : Compte tenu de la nouvelle puissance nécessaire du moteur, sélectionner un nouveau modèle dans le catalogue constructeur DT3. Donner sa désignation précise et justifier votre choix.*

4.2 Validité de la précision

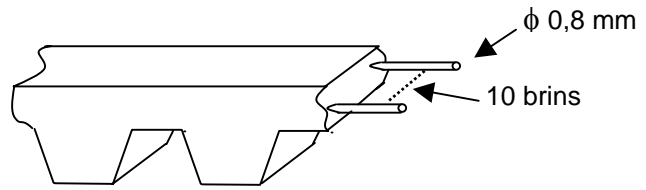
L'effort supérieur à exercer engendre un allongement de la courroie.

Il est nécessaire de vérifier que son allongement sous charge n'excède pas 10% de la précision de positionnement demandée.



L'effort maximum de 150 N a lieu en phase de poussée, au départ du mouvement.

La courroie crantée est composée de Polyuréthane, renforcé par une armature composée de 10 brins d'acier, de diamètre 0,8 mm.



Module d'élasticité de l'acier de l'armature : 180 000 Mpa

Ses caractéristiques mécaniques telles que sa résistance à la traction et son allongement sous charge sont celles de son armature métallique.

Pour chaque brin, on considère que la zone sollicitée satisfait la loi de comportement assimilable, dans le domaine élastique, à celle d'une poutre soumise à une sollicitation de traction, soit :

$$\frac{F}{S} = E \cdot \frac{\delta}{l_0}$$

F : effort de traction (N)

S : section de la poutre (mm²)

E : module d'élasticité (Mpa) (1 Mpa = 1 N/mm²)

l₀ : longueur initiale de la poutre non chargée (mm)

δ : allongement (mm)

→ Question 4.D : Dans la phase de poussée, au départ du mouvement, la courroie est soumise à l'effort maximum. En prenant en compte l'entraxe, le diamètre primitif des poulies et la position du chariot au départ :

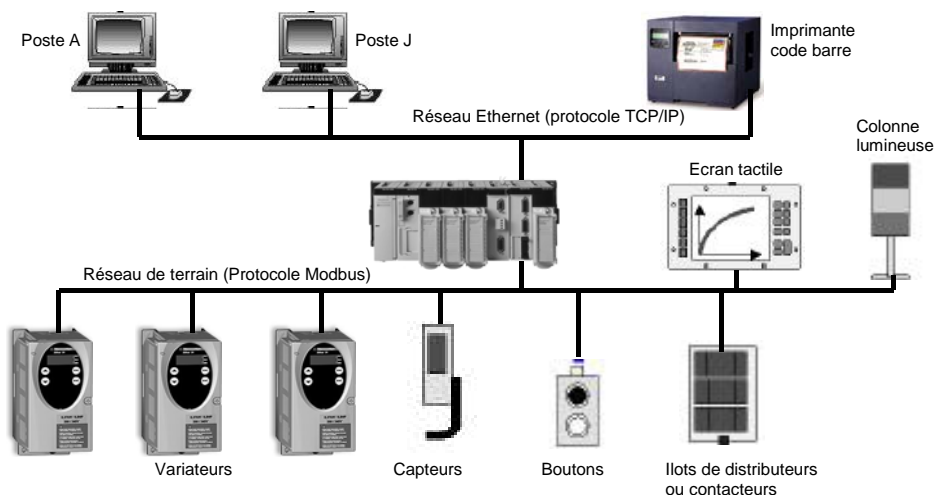
- calculer la longueur de la courroie soumise à l'effort maximum ;
- calculer la surface totale de l'armature soumise à cet effort ;
- calculer l'allongement total de la courroie, en supposant l'effort également réparti dans les dix brins de son armature ;
- comparer cet allongement par rapport à la précision demandée de 5,2 mm. Est-il négligeable ?

→ Question 4.E : Conclure en indiquant quelle pièce doit être modifiée pour améliorer la précision.

4.3 Configuration du réseau

La structure générale de la commande du système de conditionnement se compose désormais :

- d'un API assurant la gestion des informations véhiculées sur le réseau de terrain ;
- d'un ensemble de dix ordinateurs chargés de la supervision du système en relation avec l'API via un réseau Ethernet.



Il est indispensable de réaliser l'adressage IP pour permettre à l'API de communiquer avec les PC de supervision via le réseau ethernet.

Lire le document DT4 « Adressage IP » avant de répondre aux questions.

→ Question 4.F :

- Sur le document DR6, entourer l'ensemble des éléments reliés au bus de terrain.
- Quel est l'intérêt d'un tel bus ?
- Quel est l'intérêt de la supervision sur un système automatisé ?

→ Question 4.G : Afin de valider la structure et l'adressage IP de la solution :

- indiquer pour chaque classe le nombre maximal de machine par réseau ;
- justifier le choix d'une classe C pour notre solution ;
- compléter l'adressage IP sur le DR6 à l'aide du tableau ci-dessous.

	Adresse IP	Masque de sous réseau
Poste A	195.65.50.54	255.255.255.0

	Proposition d'adressage IP	
Poste J	Proposition 1	195. 65. 51. 55
	Proposition 2	195. 65. 50. 55
	Proposition 3	195. 65. 50. 54
Imprimante code barre	Proposition 1	195. 65. 50. 55
	Proposition 2	195. 65. 50. 56
	Proposition 3	195. 65. 52. 56
API	Proposition 1	195. 65. 53. 57
	Proposition 2	195. 65. 50. 57
	Proposition 3	195. 66. 50. 56

Avant de lancer la production, le technicien chargé de valider la mise en service du système valide la configuration des variateurs ALTIVAR qui pilotent les différents moteurs. Ce contrôle est réalisé à l'aide d'un analyseur de trame MODBUS.

Lire attentivement le document DT5 « Protocole Modbus » avant d'aborder cette partie.

L'automate programmable gère le processus du système automatisé et élabore les ordres en direction des trois variateurs existants (variateurs ALTIVAR 31) :

- variateur tapis de sortie : adresse numéro 7 ;
- variateur pousseur sous sac : adresse numéro 8 ;
- variateur convoyeur rotatif transversal : adresse numéro 9.

Ces variateurs gèrent la vitesse des moteurs (accélération, grande vitesse, petite vitesse) d'après les paramètres stockés sous forme de mots (double octet) dans leurs registres de configuration (mémoire interne).

L'agent chargé de vérifier les paramètres de configuration des variateurs relève les trames suivantes codées en hexadécimal sur le bus :

Requête du maître (API)

07	03	0C1F	0003	CRC
----	----	------	------	-----

Réponse de l'esclave (Variateur)

07	03	06	01F4	012C	0064	CRC
----	----	----	------	------	------	-----

➔ *Question 4.H : A partir du document DT5, analysez les trames ci-dessus et indiquez sur votre copie :*

- *avec quel esclave le maître entame t-il un dialogue ?*
- *quel est le but de la requête du maître ?*
- *quels sont les paramètres lus ou écrits et que représentent leurs valeurs ?*
- *calculer la grande et la petite vitesse de synchronisme du moteur asynchrone du tapis de sortie (moteur identique au moteur pousseur sous sac).*

Pour augmenter la cadence le technicien souhaite augmenter de 10% les paramètres liés aux vitesses de synchronisme du moteur asynchrone du tapis de sortie.

➔ *Question 4.I : Elaborer la trame Modbus (requête et réponse) permettant de configurer à partir du maître les paramètres HSP et LSP du variateur du tapis de sortie.*